

PAT-NO: JP406324368A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06324368 A

TITLE: OPTICAL FIBER AMPLIFIER

PUBN-DATE: November 25, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SAKAMOTO, TADASHI

SHIMIZU, MAKOTO

YAMADA, MAKOTO

OISHI, YASUTAKE

SUDO, SHOICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

N/A

APPL-NO: JP05109181

APPL-DATE: May 11, 1993

INT-CL (IPC): G02F001/35, G02B027/28 , H01S003/07 ,

H01S003/10 , H01S003/17

**ABSTRACT:**

**PURPOSE:** To obtain an optical fiber amplifier of high gain exceeding the reflection attenuation loss among parts and of low noise by connecting two optical amplification fibers with a circulator and by allowing them to operate in a range where they do not oscillate.

**CONSTITUTION:** Each port of the circulator 1 having four parts is connected optically in order of 1a to 1b to 1c to 1d and to 1a. An input signal optical fiber 6 and an output signal optical fiber 7 are connected to a port 1a and a port 1d respectively. Optical amplification fibers 8a and 8b are connected respectively to ports 1b and 1c via silica fibers 11 in which the amount of the change of refractive index is high. The port of the multiplexed light output of an optical fiber coupler 5 is connected to one side of respective optical amplification fibers 8a, 8b via quartz fibers 11 in which the amount of the change of refractive index is high. A dielectric mult-layer thin film is

connected to the optical input port of one side of the fiber coupler 5 as a mirror 10. Further, two semiconductor modules are connected to the optical input port of the other side of the coupler 5 by synthesizing polarized waves.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-324368

(43) 公開日 平成6年(1994)11月25日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/35	5 0 1	9316-2K		
G 0 2 B 27/28	A	9120-2K		
H 0 1 S 3/07		8934-4M		
3/10	Z	8934-4M		
3/17		8934-4M		

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-109181

(22) 出願日 平成5年(1993)5月11日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 阪本 匡

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 清水 誠

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 山田 誠

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 秋田 収喜

最終頁に続く

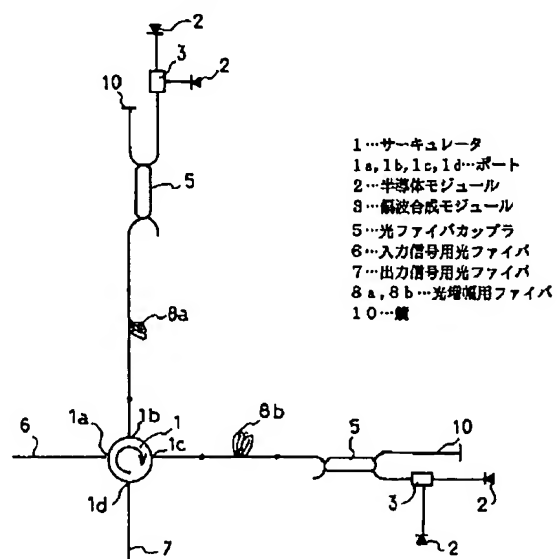
(54) 【発明の名称】 光ファイバ増幅器

## (57) 【要約】

【目的】 部品間の反射減衰量を越えた高利得でかつ低雑音の光ファイバ増幅器を実現する。

【構成】 誘導放出遷移を有するイオンを少なくともコア内に含有し、光励起により反転分布を形成して、特定の波長において光増幅作用を有する光増幅用ファイバを備えた光ファイバ増幅器において、4つのポートを有するサーキュレータのポートを1→2→3→4→1の順に光学的に接続し、1のポートに入力信号用光ファイバを、4のポートに出力信号用光ファイバを接続し、2及び3のポートにそれぞれ前記光増幅用ファイバを接続し、該光増幅用ファイバの他端に信号/励起光分離光ファイバカップラを接続し、該光ファイバカップラの方のポートに鏡を、他方のポートに半導体モジュールを接続した。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 誘導放出遷移を有するイオンを少なくともコア内に含有し、光励起により反転分布を形成して、特定の波長において光増幅作用を有する光増幅用ファイバを備えた光ファイバ増幅器において、4つのポートが1→2→3→4→1の順に接続されているサーキュレータの1のポートに入力信号用光ファイバを、4のポートに出力信号用光ファイバを接続し、2及び3のポートにそれぞれ前記光増幅用ファイバを接続し、該光増幅用ファイバの他端に光ファイバカップラを接続し、該光ファイバカップラの一方のポートに鏡を、他方のポートに半導体モジュールを接続したことを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項2】 誘導放出遷移を有するイオンを少なくともコア内に含有し、光励起により反転分布を形成して、特定の波長において光増幅作用を有する光増幅用ファイバを備えた光ファイバ型増幅器において、4つのポートが1→2→3→4→1の順に接続されているサーキュレータの1のポートに入力信号用光ファイバを、4のポートに出力信号用光ファイバを接続し、2及び3のポートにそれぞれ前記光増幅用ファイバを接続し、該光増幅用ファイバの他端に信号光を反射して励起光を透過するフィルタを介してレーザと光学的に結合させた半導体モジュールを接続したことを特徴とする光ファイバ増幅器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信に用いられる光ファイバ増幅器に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来の光ファイバ増幅器の構成は、図3に示すように、光増幅用ファイバ8として、希土類イオンが添加された光ファイバが用いられている。添加された希土類イオンを励起するための光源として半導体モジュール2を用いる。半導体モジュール2の光は、波長分合波（以下、WDMと称する）の光ファイバカップラ5で信号光と合波された後、光増幅用ファイバ8に導入される。励起光強度を高くするために、2個の半導体モジュール2の出力の偏波面を直交させて偏波合成する方法や、光増幅用ファイバ8の両端からWDMの光ファイバカップラ5を介して励起光を導入する方法が用いられている。

【0003】前記WDMの光ファイバカップラについては、例えば、1991年電子情報通信学会秋季大会、C-190「ヒータ延伸広波長域光ファイバカップラ」に開示されている。

【0004】また、従来の光ファイバ増幅器の詳細構成は、例えば、「光増幅器とその応用」オーム社、平成4年5月30日発行、石尾 秀樹、中川 清司、中沢 正隆、相田 一夫、萩本 和男 共著、P111に開示されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記従来技術では、光ファイバ増幅器において、その利得が各部品間の反射減衰量を越える場合には、レーザ発振の原理（例えば、「光学技術シリーズ12、レーザ入門」共立出版社、昭和60年5月30日発行、田幸 敏治、大井 みさほ 共著、P29参照）と同様に発振してしまうため、反射減衰量を越える利得を得ることはできないという問題があった。

10 【0006】また、光増幅用ファイバが非石英系ガラスである場合、融着接続が不可能であるため、コネクタ、V溝での接続が不可欠であるが、被接続ファイバ間の屈折率の差異、ファイバ端面研磨の際の加工変質層などの存在により低い反射減衰量を有する接続が困難であり結果的に大きな利得を望むことができないという問題があった。

【0007】本発明は、前記問題点を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、部品間の反射減衰量を越えた高利得でかつ低雑音の光ファイバ増幅器を提供することにある。

20 【0008】本発明の前記ならびにその他の目的及び新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するために、本発明による光ファイバ増幅器は、光学的に1→2→3→4→1の順に接続された、4つのポートを有するサーキュレータの1のポートに入力信号用光ファイバを、4のポートに出力信号用光ファイバを接続し、2及び3のポートにそれぞれ前記光増幅用ファイバを接続し、該光増幅用ファイバの他端に光ファイバカップラを接続し、該光ファイバカップラの一方のポートに鏡、他方のポートに半導体モジュールを接続したことを特徴とする。

30 【0010】また、本発明による光ファイバ増幅器は、4つのポートを有するサーキュレータのポートを1→2→3→4→1の順に光学的に接続し、1のポートに入力信号用光ファイバを、4のポートに出力信号用光ファイバを接続し、2及び3のポートにそれぞれ前記光増幅用ファイバを接続し、該光増幅用ファイバの他端に信号光を反射して励起光を透過するフィルタを介してレーザと光学的に結合させた半導体モジュールを接続したことを特徴とする。

【0011】前記半導体モジュールは、半導体レーザ、レンズ及び光ファイバが一体となったモジュールであり、半導体レーザの出力光をレンズで集光して効率よく光ファイバへ入射できるようにした光部品である。

## 【0012】

【作用】前述の手段によれば、サーキュレータを用いた50 二段の光増幅となっているので、光増幅用ファイバ端の

接続点での反射減衰量以上の利得を得ることができる。

【0013】また、信号光が各光ファイバ増幅器を往復する構造になっているため、増幅効率信号光が片方向に進む場合に比べて倍になる。

【0014】これに加え、サーキュレータが方向性をもつため、3のポートに接続された光増幅用ファイバ内で発生する増幅された自然放出光が、2のポートに接続された光増幅用ファイバへ伝搬するのを止めることができ、二つの光増幅用ファイバでの最大信号利得の合計値を接続点の反射減衰量より大きくすることができ、高利得かつ低雑音の光ファイバ増幅器が実現できる。

【0015】ここで、光増幅器の雑音について説明する。光増幅器の雑音は、ショットノイズとビートノイズから成っている。利得の高い状態での雑音の下限値を規定する要因は、蛍光（自然放出光）から信号ビートノイズ（信号波長の蛍光成分と信号光とのビート）を減算した値である。

【0016】このため、ノイズを低下させるためには、信号光の弱い部分、例えば、光増幅器の信号入射部分での蛍光成分を低くする必要がある。すなわち、蛍光と信号との比を小さくする必要がある。

【0017】本発明においては、使用しているサーキュレータが光アイソレータと同様の特性を有しているため、第2の光増幅用ファイバ（図1及び図2の符号8b）で発生した自然放出光が、第1の光増幅用ファイバ（図1及び図2の符号8a）に進入して反転分布を減少させるので、第1の光増幅用ファイバ（図1及び図2の符号8a）での信号光の増幅効率が上がる。つまり、信号の光増幅効率が上がり、ビートノイズが少なくなる（低雑音な特性になる）ことになる。

【0018】

【実施例】以下、本発明の光ファイバ増幅器の実施例を図面を用いて詳細に説明する。

【0019】なお、全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【0020】ここで、まず、本発明の光ファイバ増幅器の実施例1（図1）及び実施例2（図2）に示す光ファイバ増幅器の基本構成とその動作原理について説明する。

【0021】図1及び図2において、1はサーキュレータ、1a、1b、1c、1dはサーキュレータ1の各ポート、2は半導体モジュール、3は偏波合成モジュール、4はバンドパスフィルタ、5はWDMの光ファイバカップラ、6は入力信号用ファイバ、7は出力信号用ファイバ、8は光増幅用ファイバ、9は光アイソレータ、10は鏡、11は高Δn石英ファイバである。前記WDMの光ファイバカップラとしては、光ファイバを2本平行に配置した状態で両者を融着延伸加工して作製した光ファイバカップラを用いており、これは励起光と信号光とを分合波する機能を有している。

【0022】光増幅用ファイバ8a、8bは、石英系光ファイバ、多成分系光ファイバ、フッ化物系光ファイバ、カルコゲナイド系光ファイバなどの少なくともコアに希土類元素、遷移金属元素などの誘導放出遷移を有するイオン（活性イオン）を添加したものである。活性イオンの励起波長に対する励起光と、誘導放出に一致する波長の信号光を同時に光増幅用ファイバ8a、8bに伝搬させることで、活性イオンが励起され誘導放出することを利用して信号の増幅を行うものである。

【0023】サーキュレータ1は、Bi置換のイットリウム鉄ガーネット（YIG）などのファラデー効果（磁気光学効果）を有する素子により構成されており、その機能は各ポートに入力した光を順々に伝達する素子である。

【0024】すなわち、サーキュレータ1のポート1aに入力した光はポート1bに出力され、ポート1bに入力した光はポート1cに出力される。ポート1cに入力した光はポート1dに出力され、ポート1dに入力した光はポート1aに出力される。同時に各ポート間の伝達は、光アイソレータと同様の特性を有しており、ポート1bへの損失（順方向損失）は通常1dB程度と低く、ポート1aへの損失（逆方向阻止比）は30dB以上である。入射する信号光の偏波面に無依存で動作する素子も実現している。励起光源としては半導体モジュール2などが使用される。

【0025】励起光は片端に鏡10を設置した光ファイバカップラ5で信号光と合波されて光増幅用ファイバ8aに導入されるか、または、バンドパスフィルタ4を介して光増幅用ファイバ8bに導入される。バンドパスフィルタ4には励起光波長域の光を透過し、信号光波長域の光を反射するような特性を有するものを用いる。

【0026】次に、光ファイバ増幅器の動作を説明する。

【0027】信号光はポート1aに入射されポート1bに出射される。ポート1bには光増幅用ファイバ8aが接続されていて励起光が導入されている。信号光はこの光増幅用ファイバ8aを伝搬する際に、励起されたイオンを誘導放出させ、この結果信号光は増幅される。増幅された光は鏡10またはバンドパスフィルタ4で反射して再び前記光増幅用ファイバ8aをさらに増幅されながら伝搬し、ポート1bに入射する。この光はポート1cに出射され同時に光増幅用ファイバ8bを増幅されながら伝搬しポート1cに戻る。その結果、増幅用光ファイバを2回往復した光がポート1dから出力するような光ファイバ増幅器が構成される。

【0028】このように、サーキュレータ1を用いて光増幅用ファイバを2本つなぎ、それぞれを発振させない範囲で動作させると、従来の光ファイバ増幅器では実現できなかった高利得でかつ低雑音の特性を実現することができる。

【0029】(実施例1) 図1は、本発明の実施例1の光ファイバ増幅器の概略構成を示す図である。

【0030】本実施例1の光ファイバ増幅器は、図1に示すように、4つのポートを有するサーキュレータ1の各ポートが1a→1b→1c→1d→1aの順で光学的に接続されており、ポート1aには入力信号用光ファイバ6、ポート1dには出力信号用光ファイバ7が接続されている。ポート1d及び1cには、それぞれ光増幅用ファイバ8a及び8bが屈折率の変化分が高い(以下、高 $\Delta n$ と称する)石英ファイバ11を介して接続されている。それぞれの光増幅用ファイバ8a及び8bのもう一方の端には高 $\Delta n$ 石英ファイバ11を介して、1.017/1.3 $\mu$ m WDMの光ファイバカップラ5の合波光出力のポートが接続されている。ファイバカップラ5の1.3 $\mu$ m光入力用ポートには鏡10として誘電体多層薄膜が、1.017 $\mu$ m光入力用ポートには2本の半導体モジュール2が偏波合成されて接続されている。

【0031】光増幅用ファイバ8a及び8bとして、プラセオディウム(Pr)をコアに500ppm添加したガラス組成ZnF<sub>4</sub>-BaF<sub>2</sub>-LaF<sub>3</sub>-YF<sub>3</sub>-AlF<sub>3</sub>-LiF-NaFの単一モードフッ化物ファイバを用いた。このファイバの比屈折率差 $\Delta n$ は3.4%で、カットオフ波長は1 $\mu$ mであった。高 $\Delta n$ 石英ファイバ11は比屈折率差 $\Delta n$ が3.5%でカットオフ波長は1 $\mu$ mであった。フッ化物ファイバと高 $\Delta n$ 石英ファイバ11を、おのおのの端面にガラス製V溝ブロックを装着して端面研磨した後、互いのコアが一致するように高精度調芯してUV接着剤で接続した。

【0032】高 $\Delta n$ 石英ファイバ11をマイクロバーナで加熱し、コア径を広げた後(灰原正、中島 毅、松本 三千人、花房 広明 著「コネクション ロス リダクションバイ サーマリー・ディスフューズド エキスパンディッド コア ファイバ」IEEE フォトニクス テクノロジー レターズ 3巻 第4番 4月 348~350頁: "Connection loss reduction by thermally-diffused expanded core fiber", IEEE Photonics technology letters Vol. 3 No.4 April, 1991 pp.348-350、参照)、高 $\Delta n$ 石英ファイバ11とWDMファイバカップラ5またはサーキュレータ1を融着接続することにより、接続損失を0.5dB程度とした。

【0033】励起光源には、プラセオジウム添加フッ化物光ファイバの最適励起波長である1.017 $\mu$ mで発振するインジウムガリウムヒ素(InGaAs)歪量子井戸構造レーザダイオードを有する半導体モジュール2を用いた。この半導体モジュール2の出力は、駆動電流200mAの場合で80mWであった。励起光の強度を高めるため、この半導体モジュール2の2つの出力を偏波合成により合波した。この場合、出力は120mWとなった。信号光を反射する鏡10として、波長1.017及び1.25~1.35 $\mu$ mでの反射率が98%であ

る誘電体多層薄膜をカップラ端に真空蒸着した。

【0034】図4は、図1の実施例1に示す系の励起光強度に対する増幅利得特性の測定結果を示す図である。信号光波長を1.3 $\mu$ mとし、信号光強度を-45dBmとした。おのおののフッ化物ファイバの反射減衰量が30dB程度であるにも関わらず、2つの半導体モジュール2からの励起光の強度の合計が200mWのときに信号光利得52dBを実現した。

【0035】図5は、図1の実施例1に示す系の信号光波長に対する信号利得特性の測定結果を示す図である。信号強度はそれぞれの波長ではほぼ-45dBm程度であり、2つの半導体モジュール2からの励起光の強度の合計を200mWとした。最大信号利得は信号光波長1.3 $\mu$ mで得られ、増幅帯域は40nmであった。

【0036】本実施例1の光ファイバ増幅器の実験結果と図3に示す従来の光ファイバ増幅器の実験結果とを比較する。図3において、光増幅用ファイバ8は、実施例1で用いたものと同様のフッ化物ファイバを用いている。フッ化物ファイバの両端は、高 $\Delta n$ 石英ファイバ11を介して1.017/1.3 $\mu$ m WDMの光ファイバカップラ5の合波光出力ポートに接続されている。光ファイバカップラ5の1.017 $\mu$ m入力ポートには、実施例1で用いたものと同様の半導体モジュール2が2本偏波合成された後、接続されている。ファイバカップラ5の1.3 $\mu$ m入力ポートの片方を入力信号用光ファイバ6、もう片方には光アイソレータ9を介して出力信号用光ファイバ7に接続する。

【0037】図6は、従来の光ファイバ増幅器における利得の励起光強度依存性を示す図である。この場合、4つの半導体モジュール2からの励起光の強度の合計が200mWのとき、光増幅ファイバの利得は28dB程度であった。

【0038】さらに、励起光強度を上げると、30dB以上出せると考えられるが、フッ化物ファイバの反射減衰量は30dB程度であったため発振してしまっ。つまり、この系で安定に出せる最大利得は28dBであり、反射減衰量30dB以上の利得を得ることは不可能である。また、前記実施例1に比べて、増幅効率(1mWの励起光強度で得られる利得)が約1/2程度であるが、これは実施例1の場合、光増幅用ファイバ内を信号光が往復する構成であるため、利得が2倍になることによる。

【0039】(実施例2) 図2は、本発明の実施例2の光ファイバ増幅器の概略構成を示す図である。

【0040】本実施例2の光ファイバ増幅器は、図2に示すように、4ポートを有するサーキュレータ1のポートが1a→1b→1c→1d→1aの順で接続されている。

【0041】ポート1aには入力信号用光ファイバ6、ポート1dには出力信号用光ファイバ7が接続されてい

る。ポート1b及びポート1cには光増幅用ファイバ8a及び8bがそれぞれ図示していないがファイバコネクタを介して接続されている。このファイバコネクタの反射減衰量が約-50dB程度である。

【0042】それぞれ光増幅用ファイバ8a及び8bのもう一方の端にはそれぞれ図示していないがV溝ブロックが装着され、ファイバ端面は研磨された後に真空蒸着法によりバンドパスフィルタ4として誘電体多層薄膜が形成されている。半導体モジュール2の端にも図示していないが溝ブロックが装着され、光増幅用ファイバ8a及び8b端の溝ブロックとコアの位置が一致するように調芯され接着剤により固定されている。

【0043】光増幅用ファイバ8a及び8bにはコアにエルビウム(Er)を100ppm、wt添加したSiO<sub>2</sub>-GeO<sub>2</sub>石英ファイバを用いる。コア・クラッド間の比屈折率差1.0%、カットオフ波長は1μmである。励起光源にはInGaAs系歪量子井戸構造レーザを有する半導体モジュール2を用いる。この半導体モジュール2の端出力50mWが得られる。励起には、1本の光増幅用ファイバに対して1つの半導体モジュール2を用いた。誘電体多層膜は0.98μmでの透過率が98%で波長1.5~1.6μmでの反射率98%である。

【0044】図7は、図2の実施例2に示す系の励起光強度に対する増幅利得の測定結果を示す図である。信号波長は1.55μmであり入射信号光強度は-45dBmである。半導体モジュール2の端での励起光強度の合計が50mWの場合に、コネクタの反射減衰量が-50dBであるにも関わらず、信号利得72dBという高利得を実現した。

【0045】図8は、図2の実施例2に示す系の増幅利得の信号波長依存性を示す図である。励起光強度はそれぞれ50mWとした。信号光強度はおおむね-45dBm程度であった。最大信号光利得は1.533μmで得られ、80dBであった。

【0046】以上の説明からわかるように、本実施例1及び2によれば、サーキュレータを使用することで光増幅用ファイバの接続点での反射減衰量を越える(最大2倍まで)信号光利得を安定に発生させることができる。

【0047】また、サーキュレータにより相互の光増幅用ファイバ間での増幅された自然放出光の影響をなくすることができるために、高利得でかつ低雑音の光増幅器が実現できる。

【0048】また、非石英系ガラスを用いて光増幅用ファイバを用いる際に接続点での反射減衰量に関する制限を緩和することで大幅な加工組立の簡素化が期待できる。加えて、各光増幅用ファイバを信号光が往復することで増幅効率が2倍になる利点もある。

【0049】すなわち、本発明によれば、従来の光ファ

イバ増幅器においては、利得が各部品間の反射減衰量を越える場合に発振してしまうために実現できなかった反射減衰量を越える利得を得ることできる。特に、ファイバ端面を研磨することによる反射減衰量の現象が期待できない場合や、異種材料の光ファイバ間の接続による反射が大きい場合、また、大きな利得を得たい場合などに有効である。

【0050】以上、本発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更し得ることは勿論である。

【0051】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、サーキュレータを用いた二段の光増幅となっているので、光増幅用ファイバ端の接続点での反射減衰量以上の利得を得ることができる。

【0052】また、信号光が各光ファイバ増幅器を往復する構造になっているため、増幅効率は信号光が片方向に進む場合に比べて2倍になる。

【0053】また、サーキュレータが方向性をもつため、3のポートに接続された光増幅用ファイバ内で発生する増幅された自然放出光が、2のポートに接続された光増幅用ファイバへ伝搬するのを止めることができ、二つの光増幅用ファイバでの最大信号利得の合計値を接続点の反射減衰量より大きくすることができ、高利得かつ低雑音の光ファイバ増幅器が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例1の光ファイバ増幅器の概略構成を示す図、

【図2】 本発明の実施例2の光ファイバ増幅器の概略構成を示す図、

【図3】 従来の光ファイバ増幅器の構成を示す図、

【図4】 本実施例1における系の利得の励起光強度依存性を示す図、

【図5】 本実施例1における系の利得の信号光波長依存性を示す図、

【図6】 従来の光ファイバ増幅器における利得の励起光強度依存性を示す図、

【図7】 本実施例2における利得の励起光強度依存性を示す図、

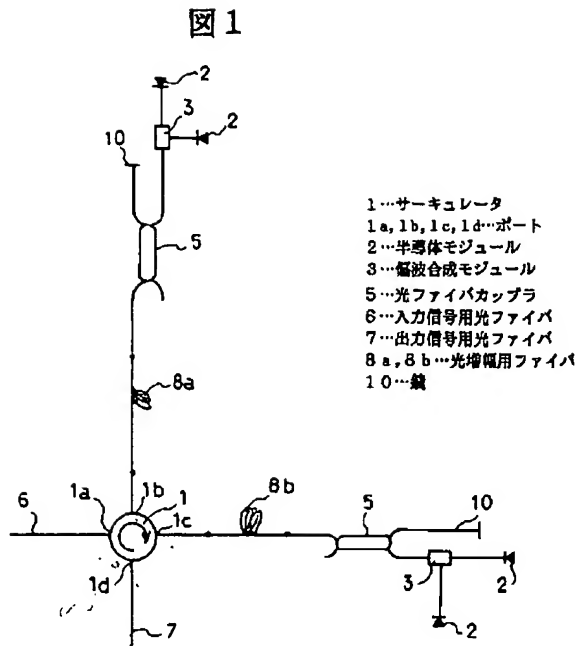
【図8】 本実施例2における利得の信号光波長依存性を示す図。

【符号の説明】

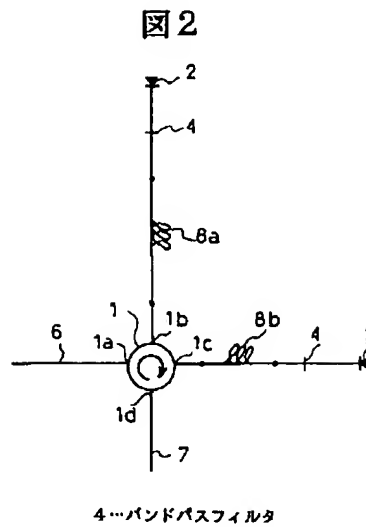
1…サーキュレータ、2…半導体モジュール、3…偏波合成モジュール、4…バンドパスフィルタ、5…光ファイバカップラ、6…入力信号用光ファイバ、7…出力信号用光ファイバ、8…光増幅用ファイバ、9…光アイソレータ、10…鏡、11…高Δn石英ファイバ。



【図1】

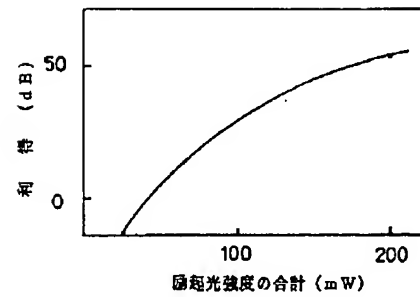


【図2】



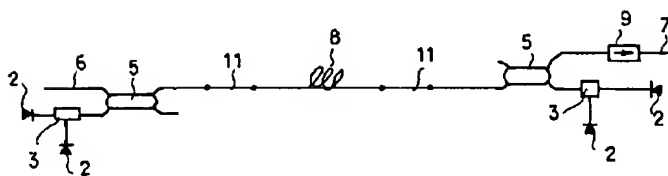
【図4】

図4



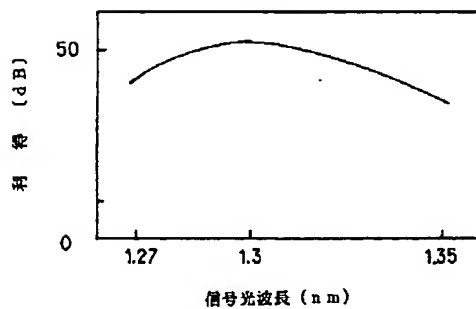
【図3】

図3



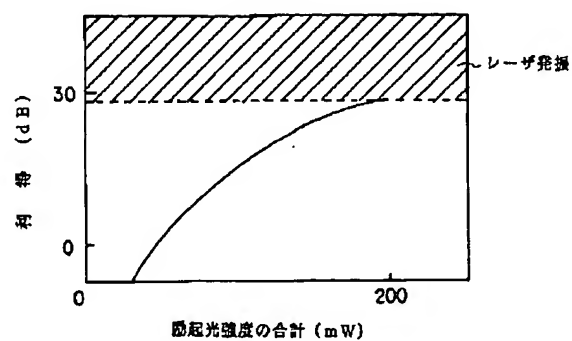
【図5】

図5



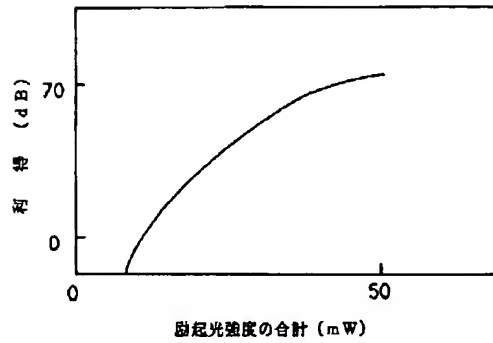
【図6】

図6



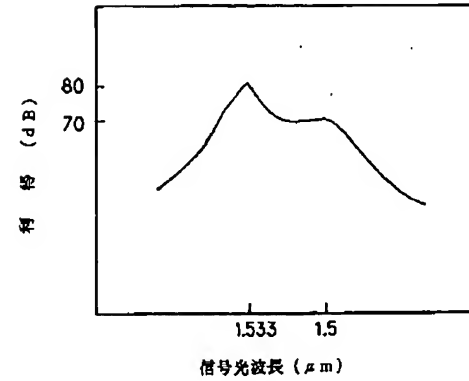
【図7】

図7



【図8】

図8



フロントページの続き

(72)発明者 大石 泰丈  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 須藤 昭一  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内